

УДК 628.58.521

**В. Ф. Рой**, докт. физ.-мат. наук.**Ю. В. Рой**, асп.

Харківська національна академія міського господарства

тел. (057) 707 – 32 – 48

**Н. Г. Бурма**, канд. техн. наук

Фізико-технічний інститут низьких температур ім. Б.І.Веркіна, м. Харків

## **ВИКОРИСТАННЯ ІНДУКЦІЙНИХ РОЗРЯДНИХ ЛАМП В ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ УСТАНОВКАХ**

Для вирішення задач зовнішнього освітлення в теперішній час в освітлювальних установках широко використовують ефективні розрядні натрієві лампи високого тиску типу ДНаТ, які мають високу світловіддачу (до 100 лм/Вт) і великий (до 30 тис. годин) строк служби. Але щодо якісних показників освітлення, то вони явно поступаються сучасним люмінесцентним лампам, оскільки їх спектр випромінювання зсунутий переважно в бік жовтого кольору, тобто індекс кольоропередачі  $R_a < 30$  (кольорова температура ДНаТ складає всього 1800 К), що не дає змогу здійснювати якісне кольорове сприйняття багатьох об'єктів міської інфраструктури. Внаслідок недостатнього контрасту між фоном і об'єктами розпізнавання це особливо небезпечно в умовах присмеркового освітлення транспортних магістралей. Реальним вирішенням цієї проблеми є використання замість натрієвих ламп високого тиску - відносно нових джерел світла (ДС) а саме – безелектродних індукційних люмінесцентних ламп з покращеними функціональними і експлуатаційними характеристиками. Існуючі зразки індукційних ламп мають індекс кольоропередачі  $R_a > 80$ , що складає більш ніж 80% від еталонного значення (за яке прийняте сонячне освітлення), що відповідає сучасним вимогам до якості зовнішнього освітлення [1]. Індукційні лампи мають достатньо широкий діапазон кольорових температур від 2700 до 6500 К, що дає змогу отримати світловий потік від теплого білого до денного в залежності від об'єкта освітлення.

Іншим важливим чинником є велика світловіддача індукційних ламп, що досягає 80 лм/Вт і має тенденцію до подальшого збільшення [2]. Крім того безелектродні індукційні лампи мають на порядок більший строк експлуатації, ніж звичайні ЛЛ, що пов'язано з відсутністю електродів, які в звичайних ЛЛ внаслідок інтенсивного розпилення емісійного покриття в процесі горіння розряду, особливо при частих комутаціях – досить швидко деградують, чим і визначається строк служби таких ламп в межах 8÷20 тис. годин. Завдяки відсутності електродів строк служби індукційних ламп не залежить також і від кількості комутацій і може досягати 100 тис. годин, що суттєво зменшує як необхідну кількість самих ламп, так і значно скорочує витрати на їх заміну в процесі експлуатації. При застосуванні електронних баластів в комплекті з індукційними лампами, які працюють на підвищеній робочій частоті 50 – 100 – 200 кГц, відсутній стробоскопічний ефект при роботі однієї лампи в світильнику і з'являється можливість регулювання світлового потоку ДС в широкому діапазоні від

20 до 100 %, що дає змогу створювати енергоекономічні освітлювальні установки з економією електроенергії до 50% в залежності від інтенсивності зовнішнього освітлення і вимог до освітлення конкретних об'єктів [3]. Важливою функціональною перевагою індукційних ламп є також їх надійне миттєве запалення і перезапалення в діапазоні робочих температур від +50 до - 20°C, оскільки в них відсутня необхідність затримки часу, необхідного для розігріву електродів. Основною проблемою, що стримувала широке застосування світильників з безелектродними лампами, була відсутність ефективних надійних ВЧ джерел живлення таких ламп. Але з появою сучасних швидкодіючих МОП-транзисторів з малим опором відкритого каналу стало можливим створювати високоефективні інтелектуальні багатофункціональні електронні баласты для індукційних ламп широкого класу потужностей.

Серед трьох основних типів ВЧ розряду найбільш перспективним для роботи індукційних ламп є низькочастотний трансформаторний розряд, заснований на принципі електромагнітної індукції, що дозволяє використовувати діапазон робочих частот від 50 до 200 кГц, найбільш придатний з точок зору зменшення втрат електроенергії на перетворення електронним пускорегулюючим апаратом (ЕПРА), підвищити його ККД, а також полегшити вирішення проблем, пов'язаних з необхідністю боротьби з електромагнітними радіоперешкодами, що виникають при самому розряді і при роботі ЕПРА в електричній мережі до рівня, що не перевищує норми, регламентовані в [1], а також європейського стандарту EN55015.

Конструктивно індукційна лампа може бути виготовлена у вигляді кільцевої трубки діаметром 2,5÷3 см на якій розташовано феритовий індуктор з первинною обмоткою трансформатора, вторинну обмотку якого утворює замкнений розряд в лампі. В трубку поміщено амальгаму сплаву ртуті з іншими металами, що дає змогу зменшити вміст пару ртуті майже на два порядки в порівнянні з традиційними люмінесцентними лампами, в яких для забезпечення нормального режиму роботи електродів і досягнення регламентного строку служби наявність електродів потребує значно більшого тиску буферного газу ніж той, при якому забезпечується максимальна ефективність роботи лампи. При такому зменшенні тиску буферного газу до декількох мТорр досягається більш ефективне перетворення електричної енергії розрядом в ультрафіолетове випромінювання [4]. Крім того, це полегшує вирішення екологічних проблем, пов'язаних з виготовленням, експлуатацією і утилізацією таких ламп.

Важливою проблемою, що в значній мірі визначає енергоефективність комплексу індукційна лампа – ЕПРА, є ефективність передачі електромагнітної енергії з індуктора до ВЧ розряду і перетворення її в УФ випромінювання. Тому ключовим моментом тут є вибір параметрів індуктора: його розмірів, матеріалу, робочої частоти, величини робочого струму, - які безпосередньо визначають втрати енергії в феритовому магнітопроводі [4]. Крім індуктора, на поверхні колби лампи для надійного запалення в ній розряду, розташовують додатковий електрод, приєднаний до вихідних мереж ЕПРА, елементи якого утворюють резонансний контур з великою добротністю, налаштований на робочу частоту [5]. Завдяки резонансному підсиленню амплітуди імпульсу підвищеної напруги, здійснюється запалення розряду в лампі, після чого відбувається шунтування розрядним проміжком лампи резонансного контуру і вона переходить в робочий режим.

Недоліком такого ініціювання лампи є ненадійне запалення розряду завдяки сильній залежності амплітуди запалюваного імпульсу від частоти резонансного контуру внаслідок чого при відхиленні робочої частоти інвертора або особистої частоти контуру, що зазвичай відбувається під дією різноманітних зовнішніх факторів (температури, тиску, вологості) амплітуда імпульсу, що подається на розрядну лампу, різко зменшується і розряд в лампі може не відбуватися. Це основний недолік усіх

ЕПРА, в яких для формування високовольтного запалюючого імпульсу використовують явище резонансу у вхідних колах ламп на робочій частоті інвертора.

Нами пропонується «нерезонансний» метод ініціювання індукційної розрядної лампи, в якому за рахунок введення контуру ударного збудження, налаштованого на частоту, що на порядок перевищує робочу частоту інвертора, відбувається надійне запалення розряду в лампі високочастотним імпульсом і подальша її робота в номінальному режимі незалежно від можливих відхилень робочої частоти інвертора або зміни особистої частоти контуру ударного збудження [6]. З цією метою до виходу інвертора ЕПРА приєднано первинну обмотку широкополосного трансформатора, вторинна обмотка якого є розрядним проміжком самої лампи, а друга первинна обмотка разом з власною ємністю утворює контур ударного збудження в якому при подачі прямокутних імпульсів робочої напруги з виходу інвертора ЕПРА переднім і заднім фронтами ударно збуджуються затухаючі в часі коливання, що подаються на запалюючу обмотку трансформатора (рис.1). Для виключення явища резонансного збудження контуру на гармоніках робочої частоти інвертора ЕПРА затухання ударно-збуджених коливань вибираємо таким, щоб їх амплітуда, за напівперіод робочої частоти інвертора, зменшувалась приблизно на порядок.

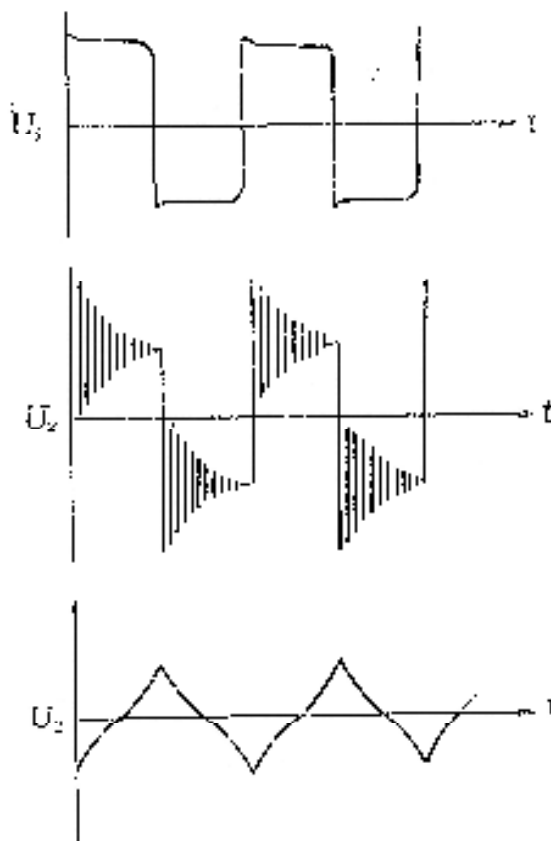


Рис.1 - Осцилограма напруг

$U_1$  - на виході інвертора;  $U_2$  - на резонансному контурі;  $U_3$  - напруга на лампі.

Стабілізація робочого струму лампи відбувається за рахунок відповідного вибору індуктивності розсіювання широкополосного трансформатора, яка виконує роль струмостабілізуючого елемента. Як показано в [6], завдяки високій іонізуючій спроможності високочастотної напруги діапазону 350÷400 кГц, що на порядок більшу за робочу частоту інвертора, забезпечується надійне запалення індукційного розряду в лампі незалежно від можливої зміни робочої частоти інвертора або власної частоти

контур ударного збудження уже при амплітуді запалюючого імпульсу, що складає 50% від відповідної величини на частоті 50 Гц. Після запалення лампи відбувається шунтування її розрядним проміжком контуру ударного збудження, внаслідок чого ВЧ коливання в ньому загасають і лампа переходить в робочий режим на основній частоті ЕПРА.

Проведені розрахунки свідчать, що не зважаючи на декілька більшу складність технології виготовлення, тільки за рахунок економії витрат на обслуговування, значно більшого строку служби, - використання безелектродних індукційних ламп економічно виправдане і вони є найбільш перспективними джерелами світла в різноманітних установках, насамперед зовнішнього освітлення.

### Література

1. ГОСТ Р 51317. 3.2.2006. Нормы электромагнитной совместимости электрических приборов, питаемых от сети тока.
2. М.Исупов, С.Коротков и др. Индукционная ультрафиолетовая лампа. Светотехника, 2007., №5, С.37-40.
3. С.Макареня, П.Рудаковский. Индукционные лампы – новое энергоэффективное решение уличного освещения. Современная светотехника. 2010, №4, С.31-33.
4. ENDURA – безэлектродный люминесцентный источник света большой мощности. Под ред. М. Малькова. Современная светотехника, 2010 №5, С.29-32.
5. Дж. Майя, О.Попов. Бесферритная индукционная люминесцентная лампа. Светотехника, 2007, №5, С.42-43.
6. М.Г.Бурма, Рой В.Ф. Зажигание люминесцентных ламп при высокочастотном питании. Светотехника, 1990, №2, С.3-4.

---



---

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНДУКЦИОННЫХ РОЗРЯДНЫХ ЛАМП В ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

В. Ф.Рой, Ю. В. Рой, Н. Г. Бурма,

*Рассматриваются перспективы использования безэлектродных разрядных ламп в осветительных установках широкого назначения. Предлагается «нерезонансный» метод инициирования высокочастотного разряда в индукционных лампах, обеспечивающий надёжное зажигания вне зависимости от возможных колебаний рабочей частоты.*

### USING ELECTRODLES LAMP IN LIGHTING EQUIPMENT

V. F. Roj, J. V. Roj, N. G. Burma,

*The article is exploring the prospects of electrodes fluorescent lamps in general-purpose lighting equipment. In particular it covers non-resonant method of exciting performed bu high frequency electrical potential, which is highly reliable way to illuminate the lamps, and unaffected by frequency changes in igniting circuits..*